

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

УДК 697.1

Качан Ю.Г., Баташова Н.А.

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ КРИТЕРИЮ

Достоинством комбинированных систем отопления является возможность получения тепловой энергии путем использования различных видов энергоресурсов. Приведенная в [1] система с мини-котлом(ами), тэном(ами) и электрическим теплоаккумулирующим преобразователем(ями) (ЭТАПом) [2] обладает указанным преимуществом, т.к. потребляет и электрическую энергию, и газ. Еще одним существенным ее достоинством является возможность применения электроэнергии по внепиковому тарифу, причем не только во время его действия, а и после, что становится возможным благодаря наличию ЭТАПа. В результате можно обеспечить покрытие тепловой нагрузки с минимальными затратами при действующих тарифах на энергоресурсы и ценах на используемое энергетическое оборудование.

Увеличения эффективности систем отопления можно добиться и за счет снижения тепловой нагрузки, утепляя ограждающие конструкции здания. При этом подбирая, например, изоляционные материалы, их толщины, тип и размеры стеклопакетов необходимо учитывать их стоимость, минимизируя капитальные и суммарные затраты отопительного сезона в целом.

Таким образом, решением задачи оптимизации параметров комбинированной системы отопления является подбор состава и мощностей энергетического оборудования, изоляционных материалов ограждающих конструкций, их толщин, а также типов окон (по коэффициенту теплопередачи). Все эти параметры выбираются в зависимости от цен на оборудование, изоляционные материалы, стеклопакеты, а также тарифов на энергоресурсы.

Алгоритм оптимизации параметров комбинированной системы отопления [3] можно использовать для:

- прогнозирования затрат отопительного сезона, учитывая реальные параметры здания и системы отопления при условии нулевых капитальных вложений;
- оценки эффективности вариантов реконструкции существующих систем отопления и здания;
- определения оптимальных параметров вновь проектируемых здания и системы отопления с точки зрения минимизации затрат отопительного сезона.

Использование алгоритма по двум первым вариантам, по сути, является инструментом энергоменеджмента и позволяет оценить эффективность использования энергоресурсов и выбрать наиболее рациональный вариант реконструкции системы. В последнем применении алгоритм является инструментом проектирования систем отопления.

Прокомментируем указанные варианты использования разработанного алгоритма путем его машинной реализации на примере здания Запорожского областного центра занятости, имеющего следующие параметры: общий строительный объем – 13722,55 м³; ширина – 12 м; длина – 60,93 м; высота – 12 м; площадь – 798,12 м²; периметр – 145,86 м; площадь ограждающих конструкций – 2508,93 м²; площадь остекления с витражами – 636 м². Наружные стены выполнены из силикатного кирпича толщиной 510 мм (коэффициент теплопроводности 0,76 Вт/(м·К), перекрытие верхнего и нижнего

этажей – плиты железобетонные толщиной 220 мм (коэффициент теплопроводности 1,92 Вт/(м·К). Стены и чердачное перекрытие оштукатурены известково-песчаным раствором толщиной 0,01 м (коэффициент теплопроводности 0,7 Вт/(м·К).

В конструкции пола, помимо железобетонной плиты, присутствует цементно-шлаковая стяжка толщиной 0,02 м (коэффициент теплопроводности 0,52 Вт/(м·К) и линолеум толщиной 0,008 м (коэффициент теплопроводности 0,33 Вт/(м·К). Здание ориентировано на юго-восток. Вентиляция – естественная, спроектированная вентиляция не эксплуатируется. Количество работающих людей – 120 человек. Для освещения помещений используются два типа ламп (накаливания и энергосберегающие), причем суммарная мощность первых 47460 Вт с КПД 6 %, а энергосберегающих – 3960 Вт с КПД 60 %.

В здании использованы окна разных площадей. Их выбор производился по трем вариантам:

1. Существующие (двойное остекление в металлических раздельных переплетах) с коэффициентом теплопередачи 3.226 Вт/(м²·К)). Их суммарная стоимость по ценам на текущий момент составляет 334057.1 грн.

2. Металлопластиковые с коэффициентом теплопередачи 2.89 Вт/(м²·К). Их стоимости, с учетом установки, в зависимости от площади окон составят: 154 окна 1710×1740 мм по 1794.83 грн.; 16 окон 1080×1740 мм – 1306.31 грн.; 5 окон 5500×3000 мм. – 6920.92 грн.; 6 окон 1080×540 – 870.72 грн.; 12 окон 1600×3000 мм – 2840.05 грн. (данные ООО Гарант г. Запорожье)

3. Металлопластиковые энергосберегающие с коэффициентом теплопередачи 1.4 Вт/(м²·К). Их стоимости составят: 154 окна 1710×1740 мм по 2033.54 грн.; 16 окон 1080×1740 мм – 1444.72 грн.; 5 окон 5500×3000 мм – 8403.1 грн.; 6 окон 1080×540 – 900.95 грн.; 12 окон 1600×3000 мм – 3264.77 грн.

В качестве вариантов утеплителей наружных ограждений рассмотрены три вида материалов фирмы ROCWOOL:

1. Пластер баттс (коэффициент теплопроводности 0,042 Вт/(м·К)) стоимостью 952 грн/м³ с возможной толщиной 0.05 и 0.18 м.

2. Руфф баттс (коэффициент теплопроводности 0,043 Вт/(м·К)) стоимостью 1458 грн/м³ с возможной толщиной 0.05 и 0.2 м.

3. Венти баттс (коэффициент теплопроводности 0,043 Вт/(м·К)) стоимостью 1502 грн/м³ с возможной толщиной 0.05 и 0.18 м.

Рассматривалась трехтарифная система оплаты электроэнергии, которая, в соответствии с данными ВАТ “Запоріжжяобленерго”, сведена в таблицу 1.

Таблица 1 – Тарифная система оплаты электроэнергии по трем зонам

| № | Зона тарифа | Время действия | Коэффициент |
|----|-------------|--|-------------|
| 1. | Пик | с 8.00 до 11.00 с 20.00 до 22.00 | 1,5 |
| 2. | Полупик | с 7.00 до 8.00 с 11.00 до 20.00 с 22.00 до 23.00 | 1 |
| 3. | Ночь | с 23.00 до 7.00 | 0,4 |

Полупиковый тариф за 1 кВт*ч составляет 0,28 грн.

Стоимость 1000 м³ газа принята равной 1050 грн, а подпиточной воды для системы отопления – 526 грн. за 1000 м³. Объем подпиточной воды для нужд системы отопления – 0,015 м³ в сутки. В настоящее время для отопления здания используется

три газовых модуля нагрева МН120 номинальной теплопроизводительностью 108 кВт с КПД 90 %. Цена одного модуля МН120 на текущий момент равна 20396 грн, секции тэнов СЕВ (ООО Жилтехснаб) мощностью 3 кВт с КПД 93 % – 120 грн.

Затраты на ЭТАП, которые в перспективе должны также выбираться по прайсам фирм-производителей или поставщиков, приняты с учетом суммы цены бака, электродов и материала наполнителя (карбид кремния). Стоимость последнего – 1000 грн./т (3215 грн./м³). Стоимости бака и электродов, в свою очередь, зависят не только от цен на использованные материалы, а и от стоимости их изготовления. На данном этапе примем: цена бака – 712 грн., электродов – 534 грн. (соответственно 8 % и 6 % от стоимости материала наполнителя для преобразователя мощностью 300 кВт).

КПД ЭТАПа в условиях практической реализации будет меняться, т.к. он зависит не только от КПД преобразования электрической энергии в тепловую (близок к 100 %), а и от используемого теплообменника и изоляции ЭТАПа в целом. В расчете он условно принят равным 89 %. Температуры плавления графита – 3500 °С, стали – 1300 °С, карбида кремния 2827 °С. Стоимость дополнительных затрат, связанных с наличием преобразователя, (наличие изоляции для последнего, а также теплообменника) принята равной 10000 грн. Количество дней отопительного сезона – 176.

Расчет произведен для отопительного сезона 2006–2007г. Данные о температуре в тени взяты из архивов Gismeteo для г. Запорожья. Обеспечиваемая температура внутри здания принята равной +20 °С, минимальная температура наружного воздуха составила – 16,9 °С.

Результаты использования алгоритма оптимизации для рассмотренных выше вариантов его применения на примере Запорожского областного центра занятости сведены в таблицу 2. Для сравнительного анализа рассчитаны также затраты отопительного сезона для рассматриваемого здания с существующими параметрами последнего и системы отопления при капитальных вложениях, определенных по ценам на текущий момент. Искомые затраты составляют 174364,9 грн., стоимость газового оборудования принята равной 61188 грн., окон – 334057,1 грн. Необходимая суммарная теплопроизводительностью модулей нагрева составила 324 кВт.

Таблица 2 – Результаты использования алгоритма оптимизации

| № | Вариант использования | Капитальные вложения (КВ) в оборудование, грн. | КВ в изоляцию, грн. | КВ в окна, грн. | Затраты за отопительный сезон, грн. | Необходимые мощности оборудования, кВт |
|---|-----------------------|--|---------------------|-----------------|-------------------------------------|--|
| 1 | Прогнозирование | газовые модули нагрева – 0 | 0 | 0 | 60230,8 | модулей нагрева – 324 |
| 2 | Реконструкция | тэн –12240 ЭТАП – 18036 доп. затраты – 10000 | 0 | 0 | 59582,3 | тэна – 306 ЭТАПа – 533 |
| 3 | Проектирование | тэн –10200 ЭТАП – 15160 доп. затраты – 10000 | 0 | 422879,12 | 170988,2 | тэна – 255 ЭТАПа – 448 |

Особенностью алгоритма расчета затрат отопительного сезона является то, что величины амортизационных отчислений принимаются в зависимости от предварительно заданного периода окупаемости капитальных вложений. В рассматриваемом примере последний принят равным 5 лет исходя из условий инвестиционной привлекательно-

сти проекта. С учетом приведенных особенностей разница затрат при различных вариантах параметров здания и систем отопления представляет собой чистую экономию.

Исходя из данных таблицы 2, очевидно, что экономия при реконструкции существующей системы отопления – 648,5 грн. за отопительный сезон. По истечении срока окупаемости прибыль будет составлять 8703,7 грн. в год. Снижение затрат для одного отопительного сезона при вновь проектируемых системе отопления и здании с оптимальными параметрами по сравнению с существующими составит 3376,7 грн. По истечении срока окупаемости оборудования чистая экономия составит –15975,5 грн.

В приведенном примере рассматривается один вариант реконструкции существующей системы отопления. Аналогично можно рассчитать другие и выбирать более приемлемый, например, по величине предполагаемых капиталовложений и затратам на отопительный сезон. Если разница затрат отопительного сезона для сравниваемых вариантов и существующей системы оказывается отрицательной, то при заложенных нормах амортизации вариант реконструкции либо первоначальный проект не целесообразны. В данном случае возможно путем изменения норм амортизационных отчислений увеличивать срок окупаемости до достижения положительного значения разницы затрат и только после этого принимать решение о целесообразности реконструкции (проектирования).

Таким образом при существующих ценах на оборудование, изоляционные материалы, стеклопакеты, а также тарифах на энергоносители с помощью предложенной авторами методики и алгоритма можно выбрать параметры проектируемой системы отопления, модернизировать существующую, минимизировав при этом затраты всего отопительного сезона, либо спрогнозировать последние для системы отопления любого существующего здания.

Литература

1. Качан Ю.Г., Баташова Н.А. Об оценке экономической эффективности комбинированной системы отопления / Энергетика: економіка, технології, екологія. – Київ: НТУУ «КПІ», 1'2007. – с. 92–97.
2. Качан Ю.Г., Левченко С.А., Кононенко Н.А. (Баташова Н.А.). Применение электрического теплоаккумулирующего преобразователя для повышения эффективности системы горячего водоснабжения/ Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Энергоэффективность 2005», приложение к журналу «Холодильная техника и технология». – Одесса: Рефпринтинфо, 2005. – с. 90–94.
3. Качан Ю.Г., Баташова Н.А. Оптимизация параметров комбинированной системы отопления по экономическому критерию / Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ», 1'2008.

УДК 697.1

Качан Ю.Г., Баташова Н.А.

ПРО РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ ОПТИМІЗАЦІЇ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ЗА ЕКОНОМІЧНИМ КРИТЕРІЄМ

У статті розглянуті різні варіанти застосування алгоритму оптимізації параметрів комбінованої системи опалення. Вони дають можливість при існуючих цінах на устаткування, ізоляційні матеріали, склопакети, а також тарифах на енергоносії вибрати параметри системи що проектується, модернізувати існуючу, мінімізувавши при цьому витрати всього опалювального сезону, або спрогнозувати останні для системи опалення будь-якого існуючого будинку.